

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 23 JUIN 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ  
PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa  
N° 11354\*02

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 G W / 010501

<b>REMISE DES PIÈCES</b> <b>DATE</b> 23 JUL 2002 <b>LIEU</b> 75 INPI PARIS <b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI</b> 0209326 <b>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI</b> 23 JUL 2002		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> CABINET ORES 6 avenue de Messine 75008 PARIS	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> VCstsF263/84FR			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date _____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LE CRIBLAGE DE MOLECULES DANS DES CELLULES			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Prénoms		Etablissement Public	
Forme juridique		_____	
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		31-33 rue de la Fédération	
Domicile ou siège		Rue _____	
Code postal et ville		75 015 PARIS	
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)		_____	
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

REMISE DES PIÈCES DATE <b>29 JUIL 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0209326</b>		Réservé à l'INPI	DB 540 © W / 010501
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		VCstsF263/84FR	
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b> Nom Prénom Cabinet ou Société N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		ORES Béatrice CABINET ORES	
Adresse	Rue	6 avenue de Messine	
	Code postal et ville	17 5 0 0 8 PARIS	
	Pays	FRANCE	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01.45.62.75.00	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01.45.62.04.86	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		ores@cabinet-ores.com	
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'Inventeur(s)	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Etablissement immédiat ou établissement différé		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Paiement échelonné de la redevance <i>(en deux versements)</i>		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR ou DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) ORES Béatrice (92-4046)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI L. MARIELLO	

La présente invention est relative à un procédé et un dispositif permettant de mettre en œuvre des réactions sur une ou plusieurs cellules ou sur des tissus de cellules ou des réseaux de cellules ou entre des cellules.

L'entrée de molécules dans la cellule représente une étape clef en biotechnologie. Le plus souvent, pour étudier cette étape, on doit cribler en parallèle, dans les mêmes conditions, les effets biologiques d'une famille de molécules. La quantité croissante de séquences d'ADN et d'autres molécules disponibles pour être testées sur les cellules rend indispensable l'utilisation de procédés automatisés, ayant un caractère systématique et dotés de hauts rendements.

On connaît par le document WO01/07159 un dispositif permettant de réaliser des protocoles biochimiques en série dans des microréacteurs. Toutefois ce dispositif ne permet pas de travailler sur des cellules.

Le document WO95/34374 décrit un dispositif et un procédé permettant de réaliser des microréactions en série. Toutefois, ce dispositif et ce procédé n'envisagent pas de mettre en œuvre des réactions dites de transfection, dans lesquelles un réactif pénètre dans une cellule. En effet, la cellule est un organisme vivant, hétérogène, dont la survie et la mise en réaction requièrent des conditions particulières, notamment en ce qui concerne les échanges gazeux. Ces paramètres ne sont pas pris en compte ni même envisagés dans ce document.

A l'heure actuelle, la plupart des méthodes de criblage de molécules ne permettent pas d'utiliser des cellules vivantes, elles sont réalisées avec des binômes de molécules isolées. Dans le cas des criblages mettant en jeu des cellules vivantes, les molécules criblées pénètrent rarement dans les cellules, elles reconnaissent seulement des capteurs de surface, tels que par exemple des récepteurs.

Par exemple, la transfection de cellules par des familles d'ADN est faite actuellement dans des boîtes comportant des puits répartis sous forme de matrices. Ce procédé présente l'inconvénient de consommer d'importantes quantités de réactif, de nécessiter des dispositifs lourds pour la détection des interactions moléculaires. En outre, les systèmes d'analyse de fluorescence en puits ont l'inconvénient d'être d'une taille importante, la fluorescence propre des plaques à

puits doit être prise en compte, l'analyse doit être faite puits par puits, sans vision globale de l'ensemble du dispositif

On connaît par J. Ziauddin *et al.*, Nature, 411, 107-110, 2001, un procédé de transfection automatisé : on dépose de l'ADN sous forme de matrices sur  
 5 une lame de verre couverte de gélatine. Après séchage, les emplacements comprenant l'ADN sont traités par un agent de transfection lipidique puis la plaque est placée dans un milieu dans lequel sont réparties des cellules. Sur la lame de verre, l'ADN gélatinisé est présent sous forme solide et la transfection se fait en phase semi-solide en liant les molécules d'ADN à des lipides favorisant la pénétration de l'ADN dans les  
 10 cellules adjacentes aux dépôts d'ADN. On obtient une matrice de cellules transfectées aux emplacements correspondant aux dépôts d'ADN. Toutefois cette méthode présente l'inconvénient d'être peu précise et non reproductible. L'accrochage par la gélatine ne permet pas de contrôler le décrochage de l'ADN transfecté. Il ne permet pas non plus d'améliorer l'efficacité de la transfection. Par ce procédé l'expression ou  
 15 le blocage de l'expression d'une quantité suffisante de protéine peut difficilement être obtenu. En outre, une seule sorte de cellule peut être utilisée pour chaque lame de verre.

Il subsiste donc le besoin d'une méthode de transfection, et plus généralement de mise en réaction de composés avec des cellules biologiques, ladite  
 20 méthode étant automatisable, utilisant des quantités minimales de réactifs et donnant des résultats reproductibles. En outre, on souhaite pouvoir mettre en série plusieurs réactions dans une même cellule, pouvoir travailler sur des systèmes cellulaires complexes (2 types de cellules différentes), sur des tissus ou sur des réseaux cellulaires, et mettre en parallèle plusieurs systèmes cellulaires. On souhaite  
 25 également que le génome des cellules utilisées puisse être préalablement modifié afin de préparer la détection des interactions moléculaires, par exemple par l'introduction de gènes de protéines fluorescentes.

L'invention a donc pour objet un procédé de mise en réaction d'un réactif R avec au moins une cellule C, ledit procédé étant caractérisé en ce que :

30 - la cellule C est déposée sur un support S comportant une surface sensiblement plane, sous forme d'une goutte aqueuse sur ladite surface ;

- la surface sensiblement plane du support S sur laquelle a été déposée la goutte aqueuse contenant la cellule C est recouverte par un film de séparation F, permettant le passage des gaz et empêchant l'évaporation des gouttes aqueuses déposées sur le support S, F étant non miscible avec l'eau et avec le réactif

5 R.

- la réaction entre le réactif R et la cellule C est déclenchée par l'introduction du réactif R dans la goutte aqueuse contenant la cellule C. Plusieurs variantes existent pour l'introduction du réactif R dans la cellule C :

10 . Selon une première variante, une goutte aqueuse contenant la cellule C est déposée sur le support S, une seconde goutte aqueuse contenant le réactif R est injectée, à l'aide de tout moyen d'injection approprié, directement dans la goutte contenant la cellule C. Une telle variante est illustrée par la figure 1.

15 . Selon une seconde variante, une première goutte aqueuse est déposée sur le support S puis une seconde goutte aqueuse est déposée sur le même support à proximité de la première, l'une de ces gouttes contient la cellule C, l'autre le réactif R, la réaction du réactif R avec la cellule C, et éventuellement sa transfection dans la cellule C, est déclenchée par la fusion des deux gouttes. Le déplacement et la fusion des gouttes peuvent être obtenus par vibration au sein du support, par déplacement électrophorétique des gouttes chargées électriquement ou par des pinces

20 mécaniques ou optiques. Une telle variante est illustrée par la figure 2.

. Selon une troisième variante, le réactif R est fixé au support S ou au film F, la cellule C est déposée sous forme d'une goutte aqueuse sur le support S et le réactif R est alors décroché du support S ou du film F afin de permettre sa réaction avec la cellule et éventuellement sa transfection dans la cellule. Cette variante est

25 illustrée par les figures 3 et 7.

Dans la présente invention, le terme de transfection est utilisé pour désigner la pénétration d'une molécule d'un réactif, quel qu'il soit, dans une cellule.

L'invention a également pour objet un dispositif permettant la mise en réaction d'un réactif R avec une cellule C, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il

30 comporte :

- un support S comportant une surface sensiblement plane recouverte d'un film de séparation F permettant le passage des gaz et empêchant l'évaporation

des gouttes aqueuses déposées sur le support S, F étant non miscible avec l'eau et avec le réactif R,

- des moyens permettant le dépôt sur ladite surface et sous le film F, de gouttes aqueuses contenant la cellule C,

5 - une enceinte à atmosphère contrôlée dans laquelle est placé le support S de façon à permettre la survie de la cellule C.

Préférentiellement, le support S est constitué par une plaque qui peut être en silicium, en verre ou en polymère, comme par exemple en polyuréthane, en nylon, en polyester, en polyéthylène, en polypropylène, en polyfluorocarbène, en 10 polyméthylméthacrylate (PMMA), en polycarbonate, en chlorure de polyvinyle (PVC), en polydiméthylsiloxane (PDMS) ou en polysulfone.

Selon l'invention, l'accrochage des gouttes sur le support se fait par capillarité. Préférentiellement, le support S présente une surface sensiblement plane comportant au moins un moyen destiné à la réception des gouttes aqueuses.

15 De préférence, le moyen destiné à la réception des gouttes aqueuses consiste en des zones de la surface sensiblement plane du support S d'une taille allant de  $5 \mu\text{m}^2$  à  $5 \text{mm}^2$ .

Selon une première variante, on peut prévoir que le support S présente sur sa surface plane un caractère hydrophobe et comporte une ou plusieurs 20 zones hydrophiles constituant ledit moyen de réception. Selon une autre variante, on peut également prévoir que le support S comporte sur sa surface plane des cavités, d'une profondeur allant de 1 micron à 1 millimètre, et constituant ledit moyen de réception. On peut également prévoir que le support S soit une plaque munie d'excroissances de faible épaisseur, de 1 micron à 1 millimètre, disposées sur sa 25 surface et destinées à favoriser l'accrochage des gouttes. Enfin, on peut prévoir que le support S soit une plaque munie d'au moins un fil, sur lequel viennent s'accrocher les gouttes. Le dépôt de deux gouttes sur le même moyen de réception va favoriser la fusion de ces deux gouttes et donc la réaction du réactif R avec la cellule C. De préférence, le support S présente sur sa surface plane un caractère hydrophobe et 30 comporte une ou plusieurs zones hydrophiles constituant le moyen de réception. Pour conférer à la surface plane du support un caractère hydrophobe, celle-ci est préférentiellement recouverte d'un matériau hydrophobe tel qu'un polyfluorocarbène,

comme par exemple le polytétrafluoroéthylène ou Téflon ®. Des exemples de lames commerciales de ce type sont les lames immunofluorescence 40 puits D2 mm super téflon, commercialisées par la société MERCK EUROLAB division POLYLABO. Encore plus préférentiellement, le support comporte en outre un second moyen de  
 5 réception des gouttes superposé au premier, comme par exemple une surface plane hydrophobe et des excroissances de faible épaisseur hydrophiles, ou une surface plane hydrophobe et des puits hydrophiles, ou une surface plane hydrophobe et un fil hydrophile.

Selon une variante de l'invention, le réactif R est fixé au support S  
 10 avant le dépôt de la goutte aqueuse contenant la cellule C. De tels dispositifs sont connus de l'homme du métier pour d'autres utilisations : ce sont les puces à ADN telles que décrites par :

- Eisen M.B., Spellman P.T., Brown P.O., Botstein D.

Cluster analysis and display of genome-wide expression patterns,  
 15 *Proc Natl Acad Sci USA*. 1998 Dec. 8; 95(25): 14863-8;

- Haab B.B., Dunham M.J., Brown P.O.,

Protein microarrays for highly parallel detecting and quantitation of  
 specific proteins and antibodies in complex solutions,

*Genome Biol*. 2001 Jan 22; 2(2): RESEARCH 0004.1-0004.13;

20 - Livache T., Bazin H., Caillat P., Roget A., Electroconducting polymers for the construction of DNA or peptide arrays on silicon chips, *Biosens Bioelectron*. 1998 Sep 15;13(6):629-34.

On peut appliquer le même principe à des molécules autres que des polynucléotides. Des puces à molécules sont décrites dans : Kuruvilla *et al.*, Glucose  
 25 signalling with small molecule microarrays, *Nature* (2002), 416 p. 653. Dans tous les cas, la molécule de réactif est d'abord accrochée sur la puce (par exemple par accrochage covalent sur une lame de verre). Selon la présente invention, la molécule peut éventuellement être décrochée après dépôt des gouttes aqueuses contenant des cellules sur la puce à molécules.

30 Le décrochage de la molécule de réactif peut être fait de façon connue par l'un des moyens suivants :



- photoclivage par des UV en utilisant un site de liaison du réactif au support qui soit photoclivable.

Et dans le cas où le réactif est un polynucléotide uniquement :

- coupure de l'ADN double brin par des enzymes de restriction, ou  
5 par d'autres nucléases,

- modification de la stringence d'hybridation : un changement de concentration saline, de température ou de conditions Redox du milieu permet de séparer deux brins d'ADN.

Dans certains cas on prévoit que le réactif R reste fixé sur le  
10 substrat.

Selon l'invention, la surface sensiblement plane du support S est recouverte d'un film de séparation qui remplit trois fonctions :

- il est non miscible avec l'eau et avec le réactif R ; ce qui permet de prévenir une fusion des gouttes aqueuses non désirée,

15 - il empêche l'évaporation des gouttes aqueuses déposées sur le support,

- il permet le passage des gaz, notamment  $O_2$  et  $CO_2$ , ces deux dernières fonctions étant destinées à permettre la survie des cellules dans leurs gouttes.

20 Le film F peut être de différentes natures :

- il peut s'agir d'un liquide non miscible avec l'eau comme par exemple une huile. Jusqu'à ce jour, on savait utiliser l'huile pour conserver certaines cellules, toutefois, elle n'avait jamais été utilisée pour effectuer des réactions sur des cellules. Parmi les huiles utilisables dans le procédé et le dispositif selon l'invention,  
25 on peut citer notamment les huiles minérales et les huiles de silicone. On peut également utiliser comme liquide L un solvant organique non miscible avec les composés à traiter (cellules et réactifs), tel que par exemple l'octane. De préférence on utilise une huile minérale légère.

- il peut également s'agir d'un gaz comme de l'air saturé en  
30 humidité,

- il peut ensuite s'agir d'un film souple, solide, tel qu'un film en PDMS ou polydiméthyl siloxane ou un film en nitrocellulose,

- il peut enfin s'agir d'un capot rigide alvéolé en matériau poreux, la taille des alvéoles étant adaptée pour pouvoir contenir la goutte de cellule(s) et éventuellement de réactif. Selon une variante de l'invention, le capot rigide alvéolé peut être fonctionnalisé, dans chaque alvéole, par une molécule de réactif et constituer  
5 ainsi une puce à molécule ou une puce à nucléotide appelée à venir en contact avec le support sur lequel des gouttes de cellules ont été déposées de façon symétrique par rapport aux alvéoles. Cette variante de l'invention est illustrée par la figure 7.

Lorsque le film de séparation est un gaz ou un liquide, de façon avantageuse, le dépôt des gouttes aqueuses contenant une cellule ou un réactif sur le  
10 support S et sous le film de séparation se fait au moyen de fins capillaires, comme illustré sur la figure 1. De préférence, ces capillaires sont reliés à une pompe ou pousse-seringue permettant de contrôler le volume des gouttes.

Les réactifs peuvent être également dispensés par un système classique comme ceux utilisés pour la fabrication des puces à ADN. On peut citer par  
15 exemple les systèmes piézoélectriques permettant de comprimer une cavité et d'éjecter une goutte par une buse. On peut se reporter à ce sujet à N. Takada et *al.*, Proceeding of the SID, vol. 27/1, 1986, 31-35.

Préférentiellement, les gouttes éjectées passent à travers le film de liquide ou de gaz grâce à leur vitesse d'éjection et/ou par gravité, ce liquide ou ce gaz  
20 étant plus léger que la solution à déposer. Lorsque le film de séparation est un film solide ou un capot rigide, celui-ci est déposé sur le support, après dépôt des gouttes aqueuses de cellules et éventuellement de réactifs par les mêmes moyens que décrit ci-dessus.

Le déplacement et la fusion des gouttes peuvent être obtenus par  
25 vibration au sein du support, par déplacement électrophorétique ou électromagnétique des gouttes chargées électriquement ou par des pinces mécaniques ou optiques.

Préférentiellement, le support S du dispositif est mobile, de façon à permettre son déplacement d'un premier moyen de dépôt à un second moyen de dépôt, et éventuellement à d'autres moyens de dépôt. Le support S peut dans certains cas être  
30 constitué d'un film solide fixé à des rouleaux à ses deux extrémités, les rouleaux étant munis de moyens de bobinage de façon à permettre le déplacement du film et donc le déplacement des gouttes qui ont été déposées dessus.

Généralement, le procédé selon l'invention prévoit le déplacement du support S après le dépôt sur le support S de la première série de gouttes, qu'il s'agisse des gouttes de cellules ou des gouttes de réactif.

Selon l'invention le support S est placé dans une enceinte à  
5 atmosphère contrôlée dont la température, l'hygrométrie et la teneur en CO<sub>2</sub> sont ajustées de façon à permettre la survie des cellules.

De tels dispositifs sont notamment des étuves à atmosphère contrôlée. La température dans un tel dispositif peut varier de 35 à 42°C, une température préférée se situant entre 36,5 et 37,5°C. La variation de température peut  
10 notamment être utilisée pour induire des différenciations cellulaires.

Le taux de CO<sub>2</sub> est préférentiellement maintenu entre 3 et 5%. Le taux d'oxygène O<sub>2</sub> est préférentiellement celui de l'air ambiant.

Par exemple, on peut prévoir de maintenir les cellules dans des gouttes aqueuses sur le support S dans une étuve à 37°C, avec 95% d'air, 5% de CO<sub>2</sub>  
15 et 97% d'humidité.

On peut prévoir que la totalité du dispositif réactionnel : support, film de séparation, moyens de dépôt, moyens de détection, etc. soient placés dans l'enceinte à atmosphère contrôlée.

On peut également prévoir que seuls les supports sur lesquels ont été  
20 déposées les gouttes de cellules et le film de séparation soient placés dans une enceinte à atmosphère contrôlée.

De façon avantageuse, on peut prévoir que les gouttes aqueuses contenant une ou plusieurs cellules, un tissu cellulaire ou un réseau cellulaire, comportent un milieu de culture.

25 En effet, l'établissement de cultures de cellules dépend de l'aptitude des cellules à maintenir leur prolifération et donc des conditions indispensables à leur croissance.

Avantageusement, on prévoit que les gouttes aqueuses de cellules comprennent du MEM ou « minimal essential medium » commercialisé par la société  
30 GIBCO BRL sous la référence Cat. No. 12000-022.

Le milieu de culture peut également contenir d'autres constituants tels que du sérum de veau, un ou plusieurs antibiotiques destinés à contrôler la stérilité du milieu, comme par exemple de la pénicilline.

On peut également prévoir d'utiliser dans le milieu de culture des agents chimiques qui induisent la différenciation des cellules, comme par exemple la bromodéoxyuridine.

De façon avantageuse, les gouttes aqueuses contenant la ou les cellules ou le tissu cellulaire ou le réseau de cellules, et/ou les gouttes aqueuses contenant le réactif, comportent un ou plusieurs constituants destinés à favoriser la transfection, comme par exemple des liposomes. De tels agents de transfection sont décrits notamment dans les documents WO 01/20015 et WO 98/33932.

D'autres moyens destinés à favoriser la transfection peuvent également être employés dans le dispositif de l'invention, tels que : l'électroporation ou la microprécipitation. Ces méthodes de transfection, bien connues de l'homme du métier, sont décrites notamment sur <http://opbs.okstate.edu/~melcher/MG/MGW4/MG43.html>.

Selon l'invention, on peut en outre prévoir que le dispositif comporte :

- des moyens permettant d'apporter de l'énergie à une ou plusieurs gouttes déposées sur le support ;
- des moyens de traitement optique d'une ou plusieurs gouttes déposées sur le support ;
- des moyens d'application d'un champ magnétique ou d'un champ électrique à une ou plusieurs gouttes déposées sur le support, notamment pour permettre l'électroporation ;
- des moyens de détection focalisés sur une ou plusieurs gouttes déposées sur le support.

Les moyens utilisés dans les dispositifs selon l'invention seront préférentiellement reliés à un dispositif de contrôle permettant l'automatisation du dispositif et du procédé selon l'invention.

Parmi les moyens d'apport d'énergie, on peut citer en particulier des moyens de traitement thermique, qui peuvent consister par exemple en un dispositif

chauffant susceptible d'être placé à proximité du support S ou fixé à ce support et destiné à porter les gouttelettes à une température appropriée. Par exemple, le moyen de chauffage peut consister en des fils conducteurs de l'électricité servant également de moyen de réception des gouttes.

5 Les moyens de détection sont notamment des dispositifs destinés à mesurer la fluorescence ou la radioactivité d'une ou plusieurs gouttes ou des cellules contenues dans une ou plusieurs gouttes.

Les moyens de traitement optique sont notamment des moyens de traitement aux rayons ultra-violets, ces derniers étant connus pour induire une  
10 réticulation entre des brins complémentaires d'ADN et entre ADN et protéines.

L'utilisation du dispositif et/ou du procédé selon l'invention présente de nombreux avantages : on peut utiliser de très petites quantités de matériaux : une seule cellule par goutte permet de réaliser une expérience de transfection. On peut travailler avec des volumes de gouttes très petits, inférieurs à 1 micro litre, de  
15 préférence de 0,1 à 1000 nanolitres contenant 1 à 500 cellules, encore plus préférentiellement de 0,1 à 10 nanolitres contenant 1 à 10 cellules. Avantageusement, on travaille sur des gouttes contenant de 1 à 100 cellules. On peut également prévoir de travailler sur des volumes plus importants, notamment supérieurs au microlitre (10 à 100µl, contenant 500 à 100 000 cellules). Ce procédé permet également d'utiliser de  
20 petites quantités de réactif. Le film de séparation F permet de contrôler les échanges gazeux du milieu de culture de la cellule et sa stérilité. Il permet aussi de séparer des gouttes dont on ne souhaite pas qu'elles réagissent ensemble. Enfin, ce procédé permet d'améliorer l'efficacité de la transfection : chaque cellule engagée dans le procédé peut être transfectée. Les cultures de cellules sous forme de gouttes sous le film de  
25 séparation peuvent se conserver au moins 24 heures et jusqu'à plusieurs jours sans que l'on observe de modifications notables de leur activité cellulaire (sans influence notable sur la prolifération et la croissance des cellules).

Le procédé et le dispositif selon l'invention permettent également de réaliser des batteries de réactions :

30 Plusieurs gouttes aqueuses comprenant chacune au moins une cellule peuvent être déposées sur le support S, lesdites gouttes étant isolées les unes des autres. De préférence, chacune de ces gouttes est placée dans un moyen de

réception distinct. Toutes les cellules peuvent être identiques, mais on peut également prévoir de placer des cellules différentes (au moins deux sortes de cellules différentes) dans les différentes gouttes. Des gouttes contenant le ou les réactifs sont déposées, à proximité de chaque goutte contenant une cellule, de façon à permettre la fusion d'une  
 5 goutte contenant le réactif approprié avec la goutte contenant la cellule visée. Pour la réalisation de batteries de réactions, on prévoit avantageusement un support comprenant des moyens de réception disposés de façon régulière sous forme de matrices, de façon à permettre l'automatisation du procédé.

De façon avantageuse, le support et les capillaires destinés à déposer  
 10 les gouttes aqueuses de cellules et de réactifs sont reliés à des moyens de contrôle de façon à permettre l'automatisation du procédé.

Le procédé et le dispositif selon l'invention permettent donc de réaliser simultanément et de façon automatisée un grand nombre de réactions d'un réactif sur une cellule en faisant varier la nature du réactif et de la cellule, tout en  
 15 travaillant sur des volumes extrêmement réduits.

Parmi les cellules qu'il peut être intéressant d'étudier par ce procédé, on peut citer notamment :

- des cellules primaires,
- des hybridomes,
- 20 - des lignées de cellules : les cellules peuvent se perpétuer éternellement et former ainsi des lignées,
- des cellules souches : elles sont obtenues à partir d'un prélèvement chez l'animal ou à partir de biopsies,
- un morceau de tissu cellulaire (les cellules ne sont pas  
 25 individualisées)
- des mélanges des différents types de cellules énoncés ci-dessus.

Les cellules sont cultivées en milieu de culture (aqueux) de façon connue. On peut également cultiver des cellules hétérogènes pendant plusieurs jours et utiliser ce mélange.

30 Selon une variante de l'invention, lorsque toutes les cellules à mettre en réaction sur un même support sont identiques on peut procéder de la façon suivante : le support est une plaque hydrophobe comportant des zones hydrophiles, on

l'immerge dans une solution aqueuse contenant les cellules puis on la sort de cette solution en laissant le liquide en excès s'écouler. Les gouttes du milieu contenant les cellules sont retenues dans les zones hydrophiles. Cette étape est suivie du dépôt d'une couche de film de séparation F et du dépôt des gouttes contenant un réactif ou d'autres  
 5 cellules. Suivant la nature du film F (fluide ou solide), celui-ci est déposé avant ou après le dépôt des gouttes de réactif ou d'autres cellules.

Parmi les réactifs R susceptibles d'être utilisés dans le procédé et le dispositif selon l'invention, on peut citer :

Des molécules chimiques de toutes natures, notamment des  
 10 molécules organiques naturelles, des molécules issues de synthèse organique et de synthèse combinatoire, des molécules extraites d'échantillons biologiques et des molécules extraites d'échantillons biologiques modifiées par synthèse. On peut citer notamment les polynucléotides : les molécules d'ARN, les molécules d'ADN ; les molécules de PNA (de l'anglais «peptidic nucleic acid» ou acide nucléique  
 15 peptidique) qui sont des chimères peptide-acide nucléique ; les ribozymes ; les ARN interférences double brin ou les protéines et les peptides. Parmi les protéines, on peut citer tout particulièrement les facteurs de transcription.

Les molécules de réactif peuvent être formulées en solution prête à être déposée. Elles peuvent également être préparées directement après dépôt sur le  
 20 support, par exemple par synthèse, notamment par synthèse organique, *in situ*, ou par transcription *in vitro* dans la goutte. Des molécules de type prion peuvent aussi être obtenues en goutte par réaction de polymérisation en chaîne ou PCR (de l'anglais "polymerisation chain reaction") peptidique avant leur transfection dans les cellules. Lorsque l'on utilise des molécules d'acides nucléiques, leur préparation peut être faite  
 25 par PCR nucléique. Comme il a déjà été exposé ci-dessus, le réactif peut également être fixé au support.

Lorsque l'on emploie comme réactif de l'ADN, avantageusement celui-ci est sous forme précipitée. De façon connue, on peut par exemple utiliser le phosphate de calcium. La précipitation de l'ADN peut également être faite dans la  
 30 goutte aqueuse déposée sur le support par fusion avec une goutte du réactif approprié.

Selon une variante du dispositif et du procédé selon l'invention, on peut prévoir de faire plusieurs dépôts successifs destinés à être fusionnés :

On peut prévoir de déposer successivement plusieurs réactifs destinés à transfecter une même cellule et observer leurs effets cumulés ;

On peut également prévoir de déposer plusieurs gouttes de cellules et les faire fusionner, de façon à reconstituer un réseau cellulaire de cellules identiques ou différentes afin de se rapprocher au plus près de conditions rencontrées *in vivo*. Par exemple, on peut reconstituer des réseaux de neurones à l'échelle de quelques cellules par la rencontre de cellules gliales et de neurones pour les faire communiquer au sein d'une même goutte, ou des interactions entre les différents types de cellules qui constituent la peau afin de mimer le comportement de celle-ci à l'échelle cellulaire.

On peut également reconstituer un tissu cellulaire destiné à mimer le comportement de l'épiderme en cultivant ensemble au sein d'une même goutte des kératinocytes sur un tapis de collagène. On peut également cultiver ensemble des cellules souches de la peau en présence de cellules du follicule pileux afin d'étudier leurs interactions.

Par exemple, on peut utiliser la transfection de réactifs dans un premier type de cellules de façon à déclencher une réaction cellulaire, telle que la production d'une protéine recombinante puis faire réagir cette première population cellulaire avec une population cellulaire d'un autre type par fusion avec une autre goutte.

Selon une variante de l'invention illustrée par la figure 8, on peut également prévoir que le support soit muni de moyens de séparation permettant de séparer deux types de cellules distincts mais autorisant le passage de petites molécules entre ces cellules. Un tel moyen de séparation est destiné à mimer une barrière biologique, telle que par exemple la barrière existant entre le sang et les cellules cervicales. De tels moyens de séparation sont avantageusement disposés au niveau des moyens de réception, sur le support. Pour leur mise en œuvre, on prévoit de déposer une goutte aqueuse comprenant au moins une cellule d'un premier type d'un côté du moyen de séparation et une goutte aqueuse comprenant au moins une cellule d'un second type de l'autre côté du moyen de séparation. La fusion des gouttes de part et d'autre du moyen de séparation permet une communication entre les cellules par l'intermédiaire de molécules susceptibles de diffuser au travers du moyen de séparation. Cette communication peut alors être étudiée par tous moyens, notamment



par l'ajout de réactifs sous forme de goutte aqueuse avant ou après la fusion des gouttes cellulaires. Par la transfection automatisée de ces gouttes, il est possible d'analyser le rôle biologique des facteurs transfectés dans une multicouche biologique.

Les moyens de séparation utilisables selon cette variante de l'invention sont des membranes artificielles telles que par exemple un filtre en nitro-cellulose, du silicium percé de nano-trous, un buvard en papier, un filtre en tissu ; on peut également prévoir d'utiliser un gel solide tel qu'un gel d'agarose, du collagène ou de la gélatine.

Le dispositif et le procédé selon l'invention permettent d'automatiser l'expression de protéines recombinantes obtenues par l'entrée d'ADN codant dans les cellules, de réaliser le criblage de molécules nucléiques destinées à modifier (bloquer ou au contraire augmenter) l'expression de gènes dans les cellules et de rechercher des séquences génomiques promotrices. Cette invention permet aussi d'étudier les interactions entre des cellules de différents types, cette interaction étant déclenchée par le mélange des gouttes. Le dispositif et le procédé selon l'invention permettent d'obtenir une vue globale des effets biologiques de la réaction de molécules de toutes sortes avec des cellules, et notamment de l'entrée automatisée de molécules de toutes sortes dans des cellules.

Avantageusement, la détection globale des phénotypes cellulaires engendrés par l'entrée des molécules dans les cellules sera réalisée à l'aide de molécules marquées, c'est-à-dire de molécules qui peuvent être détectées sans porter atteinte à l'intégrité du milieu qui les contient. On pense notamment aux marqueurs fluorescents, radioactifs ou à tout autre moyen de marquage connu de l'homme du métier.

L'un des avantages du procédé et du dispositif selon l'invention réside dans le fait que la totalité des étapes de transfection et de manipulation des interactions cellulaires se fait en phase liquide qui favorise la culture cellulaire en milieu nutritif et les réactions enzymatiques.

De façon générale, le procédé et le dispositif selon l'invention présentent les avantages suivants :

- amélioration de l'efficacité de la transfection, par rapport à la transfection faite de façon classique en puits de culture ;
- plusieurs types cellulaires peuvent être testés sur un même support au cours d'une même séquence de réactions ;
- 5 - plusieurs types de molécules peuvent être testées sur un même support au cours d'une même séquence de réactions ;
- les réactifs peuvent être obtenus directement dans la goutte avant fusion ;
- tous les réactifs sont préparés de façon indépendante et en parallèle
- 10 à la préparation des cultures de cellules.

Parmi les applications du dispositif et du procédé selon l'invention, on peut citer notamment la recherche de séquences à activité anti-sens : On connaît, par Dean *et al.*, Current Opinion in Biotechnology, 12, 622 (2001), l'utilisation de petites séquences d'ADN ou d'ARN pour bloquer la synthèse d'une protéine dans les

15 cellules et chez l'animal. Cette thérapie génique a été utilisée pour tester de nouveaux agents anti-viraux chez l'homme. Cependant, cette approche biotechnologique a échoué maintes fois, l'utilisation d'un ou de plusieurs oligonucléotides ne permettant pas de bloquer l'expression d'une protéine. Lors de ces essais, en l'absence de moyens de criblage appropriés, les séquences des oligonucléotides utilisées étaient choisies un

20 peu au hasard, parmi les séquences génomiques accessibles. Les oligonucléotides employés ne présentaient pas une affinité suffisante pour l'ARN cible et ne permettaient pas de bloquer sa traduction dans les cellules. Les molécules d'ADN synthétiques étant toxiques pour la cellule eucaryote, on cherche à en utiliser des quantités minimales. Pour bloquer l'expression d'un gène cible dans une cellule, il faut

25 intervenir à quatre niveaux :

- trouver la position de liaison optimale sur l'ARN, position qui correspond généralement à une portion moins repliée dans la structure quaternaire de l'ARN ;
- trouver des séquences oligonucléotidiques présentant une haute
- 30 affinité pour l'ARN ;
- trouver des séquences oligonucléotidiques capables de pénétrer dans une cellule eucaryote ;

- conserver les oligonucléotides non dégradés dans la cellule pendant plusieurs jours.

Les deux premières étapes peuvent être réalisées à l'aide d'une puce classique à oligonucléotides sur laquelle est testée l'hybridation d'une famille d'oligonucléotides à de l'ARN cible rendu fluorescent (on peut par exemple se référer aux travaux de Olejnik *et al.*, NAR, 26, 3572 (1998)). Le procédé selon l'invention va permettre de tester la pénétration des oligonucléotides dans la cellule et leur stabilité.

Pour mettre en évidence la séquence optimale permettant de réduire l'expression d'une protéine cible dans une cellule, on utilisera des oligonucléotides modifiés, tels que par exemple des dérivés phosphorothioate, cette modification conférant à l'oligonucléotide concerné une résistance aux nucléases de plusieurs jours.

Les molécules anti-sens peuvent aussi être constituées par des duplexes d'ARN, appelées ARN interférences (ARNi), qui s'hybrident aux ARN messagers en formant des triples hélices d'ARN (pour cette approche, on peut se référer à Elbashir *et al.*, Nature, 411, 494-498 (2001)). Le procédé et le dispositif selon l'invention permettent également de cribler des séquences d'ARNi longues (plasmidiques) et courtes (synthétiques).

Une autre application du procédé et du dispositif selon l'invention concerne la production automatisée de protéines recombinantes en gouttes. La transfection automatique devrait permettre de tester l'expression de différents fragments d'ADN codant ainsi que celle de différents mutants de ce même ADN. L'expression automatisée de protéines recombinantes sur les dispositifs selon l'invention peut être une alternative à la puce à protéines. Il n'est alors plus nécessaire de produire les protéines, de les purifier et de les accrocher sur un support solide, les protéines sont fabriquées *de novo* sur le dispositif.

## EXEMPLES

Matériel et méthodes employés dans les exemples :

### Détection

La détection de la transfection par une molécule fluorescente se fait en deux temps :

- par une vue globale des points fluorescents,

- par analyse des points individuels pour créer une image complexe.

La vue globale de la fluorescence se fait par détection bi-paramétrique :

5                   - de la fluorescence de l'iodure de propidium = témoin de la présence d'une cellule,

                  - de la fluorescence de la 'green fluorescent protein' GFP = marqueur fluorescent vert témoin de l'expression de la protéine GFP.

L'image obtenue est ensuite analysée grâce à des systèmes de  
10 quantification du signal et qui permettent de combiner les fluorescences de séries de points de mesures.

- analyse de la fluorescence des gouttes : les cellules peuvent être analysées vivantes en gouttes sous la couche d'huile. Pour ces expériences, nous avons utilisé un microscope Olympus ® BX 51M et un microscope confocal Leica ®.

15                   - analyse de la fluorescence des cellules fixées : après fixation des cellules par le PFA ou paraformaldéhyde (voir application n°1) la lame de verre contenant les cellules recombinantes est utilisée comme une lame d'histologie. Il est possible de réaliser des expériences de marquage radioactif et de marquage fluorescent. (voir application n°5.2). La fluorescence totale de la lame peut être  
20 analysée à l'aide d'un microscope classique. Nous avons aussi utilisé un scanneur classiquement utilisé dans des expériences de puce à ADN (Scanner : GenePix 4000B, commercialisé par la société Axon Instrument). La précision dans ce genre d'appareil est de 5 µm, il est donc possible de visualiser une cellule à l'aide d'une dizaine de pixels.

25                   La figure 4 illustre un exemple d'application du dispositif selon l'invention : l'expression d'une protéine recombinante dans une suspension de cellules gliales et de l'activation d'une suspension de neurones.

Sur une lame de verre (support S) dans un récipient contenant une huile minérale légère (film F) commercialisée par le Société Sigma, on injecte :

30                   - une goutte de cellules en suspension contenant en milieu aqueux (quelques nanolitres) une centaine de cellules gliales ;

- une goutte aqueuse contenant de l'ADN sous forme de sel de phosphate de calcium (quelques picomoles) ;

- une goutte de cellules neuronales en suspension dans l'eau.

On fait d'abord fusionner les deux premières gouttes par déplacement mécanique des 2 gouttes à l'aide de l'extrémité d'une pipette pour obtenir la goutte G<sub>1</sub> de cellules transfectées. La cellule gliale exprime ainsi une protéine recombinante. On fait alors fusionner cette goutte G<sub>1</sub> avec la goutte G<sub>2</sub> contenant les neurones en suspension. Ceux-ci sont alors activés.

### I. Transfection d'oligonucléotides, criblage de séquences capables de bloquer l'expression de gènes spécifiques

Dans cet exemple, nous avons cherché à sélectionner des séquences d'oligonucléotides capables de bloquer l'expression d'un gène d'intérêt, appelé cible dans cet exemple. Pour mesurer l'activité antisens de ces oligonucléotides nous avons utilisé des lignées cellulaires stables exprimant la protéine cible en fusion avec le variant E-GFP (Green Fluorescent Protein de type E, commercialisée par la Société Clontech). Ces lignées sont des outils précieux pour évaluer les performances des différents oligonucléotides : l'activité antisens est mesurée par diminution de la fluorescence des protéines reportrices. Afin de trouver un oligonucléotide qui a une activité antisens exceptionnelle, il est indispensable de réaliser le criblage d'au moins 50 oligonucléotides de séquences différentes pour un même gène. Au cours de ce criblage dans les cellules, nous avons recherché en particulier l'oligonucléotide qui a la plus grande affinité pour l'ARN cible et le plus grand pouvoir de pénétrance dans la cellule.

#### Expériences réalisées avec le dispositif selon l'invention :

La transfection par le phosphate de calcium a été choisie car elle est très efficace : en utilisant des oligonucléotides marqués avec du cy5 (Cyanine 5), ces oligonucléotides étant commercialisés par la Société Eurogentec, 70% de cellules HEK 293 (Human Embryonic Kidney) et 80% de cellules COS (Chinese Ovary Sarcoma) deviennent fluorescentes après un jour de culture (fluorescence mesurée par cytométrie de flux). D'autres méthodes de transfection faisant intervenir la formation de gouttelettes de lipide autour de l'ADN peuvent aussi être utilisées.

### Expérience 1a : transfection par fusion de gouttes

Pour un gène cible, nous choisissons 50 oligonucléotides de séquences différentes. Nous nous sommes intéressés au blocage de l'expression de la sous unité bêta 2 de la caséine kinase. Les oligonucléotides sont synthétisés sous  
5 forme de résidus de 18 à 21 nucléotides de long, et contiennent des liaisons phosphorothioate capables de limiter leur dégradation par les nucléases. Chacun de ces oligonucléotides est précipité sous forme de phosphate de calcium (réaction classique : 1 µl d'oligonucléotide resuspendu dans l'eau à 1 mM est mélangé à 100 µl de chlorure de calcium 0.25 M et à 100 µl de tampon HBS (Chen et Okayama,  
10 Biotechniques 1988, 6, 632-638). Pour réaliser la transfection dans une boîte de plastique contenant 1 ml d'huile minérale, une goutte de 1 µl de chacun de ces 50 précipités est fusionnée avec une goutte de 10 µl de cellules dans leur milieu de culture (DMEM commercialisée par la Société Gibco) (environ 5000 cellules fibroblaste 3T3). Les gouttes sont placées au fond de la boîte sur le support plastique  
15 sous l'huile.

L'activité antisens est mesurée après 2 jours de culture par diminution de la fluorescence de la GFP exprimée en tandem avec la protéine cible dont on cherche à bloquer l'expression. La fluorescence des 50 gouttes est observée simultanément au microscope. Cette expérience est réalisée plusieurs fois en parallèle  
20 afin de s'assurer de la pertinence des résultats. Il est important de faire ces 50 tests en parallèle afin de comparer l'activité antisens de chacun des oligonucléotides. Pour observer la diminution de la fluorescence de la protéine cible, il est possible soit d'observer les cellules transfectées vivantes au microscope, soit de fixer les cellules au paraformaldéhyde (classiquement 4% de PFA). Pour la fixation des cellules, le  
25 paraformaldéhyde est ajouté à volume égal à la goutte cellulaire pendant 10 minutes puis l'ensemble gouttes + huile est rincée au PBS deux fois.

Expérience 1b : photoclivage des oligonucléotides de la puce cellulaire et transfection

Cette expérience est illustrée par la figure 3.

Nous avons utilisé une puce classique à ADN, la transfection est obtenue après décrochage des oligonucléotides du support solide. Les cellules sont cultivées à proximité des dépôts d'oligonucléotides sur la lame de verre.

Les oligonucléotides (commercialisés par la société Eurogentec) sont accrochés par leur extrémité 5' aminée sur une lame silanisée (par exemple une lame Surmodics commercialisée par la société Motorola). L'ADN des dépôts est complexé aux sels de phosphate de calcium (selon le même principe de précipitation de l'ADN que celui décrit dans l'application 1a) et gardé humide sur la lame. Les cellules adhérentes 3T3 sont ensuite déposées en goutte à la surface des spots d'oligonucléotides, l'ensemble est gardé sous 1 ml d'huile minérale pendant un jour en incubateur cellulaire : les gouttes peuvent être formées à la surface des dépôts d'ADN ou bien formées à l'aide d'une surface composite (hydrophile et hydrophobe, lame ProLabo décrite dans l'application n°5). Le décrochage des oligonucléotides, complexés au calcium phosphate et situés sous les cultures cellulaires en goutte, est obtenu comme illustré sur la figure 5 par illumination de la lame par des UV à 365 nm qui permettent de couper la liaison photoclivable introduite en 5' des oligonucléotides (en 3' du site aminé).

exemple d'oligonucléotide accroché, puis décroché par photoclivage, puis finalement transfecté dans des cellules HEK 293 adjacentes :

Nom	Séquence	Composition	Modification
huGAPDH203F_PC_cy5	AACGACCACTTTGTCAAGCT	20mers + site PC + site Cy5 + amine en 5'	PC en 5' – Cy5 en 3' (dT)

## **II- Transfection d'ADN codant et expression de protéines recombinantes**

Dans cet exemple, nous nous sommes intéressés à l'expression d'une famille de protéines dans les cellules eucaryotes. Pour l'instant, en biologie moléculaire, l'expression de protéines recombinantes est obtenue puits par puits, par transfection d'un ADN codant sur un tapis cellulaire. Par la transfection parallélisée, nous allons obtenir simultanément l'expression de plusieurs ADN codant pour

plusieurs protéines. Ce dispositif permet de tester plusieurs constructions dans des vecteurs d'expression d'un ou de plusieurs gènes.

Expériences réalisées avec le dispositif selon l'invention :

Application 2a : Expression de protéines recombinantes dans un type  
5 de cellule.

Expression d'une famille d'ADN codant pour les kinésines humaines à l'aide du dispositif selon l'invention :

Les kinésines forment une famille de protéines présentant des propriétés biochimiques similaires, ce sont des protéines motrices associées aux  
10 microtubules. Ces protéines se trouvent dans toutes les cellules eucaryotes. Elles permettent de transformer l'hydrolyse d'ATP en énergie mécanique et jouent un rôle fondamental dans le transport des organelles, des ARNm et des complexes protéiques le long des microtubules. Elles peuvent se déplacer du côté positif des microtubules (N-kinésines) ou du côté négatif (C-kinésines). Elles participent aussi aux  
15 mouvements chromosomiques pendant la mitose et la méiose et jouent un rôle important lors de la division cellulaire. On peut notamment se reporter aux publications suivantes :

Ref.1 : Compton, D.A. (1999). *New tools for the mitotic toolbox.* Science 286, 913-914. Miki, H., Setoy, M., Kaneshira, K., Hirokawa, N. (2001). Proc.  
20 Natl. Acad. Sci. 98, 7004-7011.

Ref.2 : Wade, R.H., Kozielski, F. (2000). *Structural links to kinesin directionality and movement.* Nature Structural Biology 7, 456-460.

Ref.3 : Kozielski, F., Svergun, D.I., Zaccai, G., Wade, R.H., Koch, M. (2001). *The overall conformation of conventional kinesins studied by small-angle x-ray and neutron-scattering.* J. Biol. Chem. 276, 1267-1275.  
25

Avec le dispositif selon l'invention, nous avons obtenu l'expression d'une vingtaine d'ADN codant pour ces kinésines en utilisant des plasmides d'expression permettant d'exprimer en tandem la protéine d'intérêt et la GFP (pcDNA3.1/CT-GFP-TOPO, commercialisé par la société InVitrogen). La transfection  
30 a été réalisée comme lors de l'application 1a : la fusion des gouttes est obtenue sous 1 ml d'huile, 10 ng de plasmide précipité au phosphate de calcium est mis en contact avec une goutte de 10 µl contenant environ 5000 cellules HEK 293 (human embryonic



kidney). Après 1 jour de transfection, les gouttes de cellules HEK 293 sont fluorescentes par expression de la protéine GFP dans les cellules. Il a été possible d'observer ces gouttes cellulaires sous huile au microscope confocal et de localiser précisément la compartimentation cellulaire pour chacune des kinésines fluorescentes exprimées dans ce dispositif.

application 2b : expression de protéines recombinantes dans un dispositif selon l'invention en utilisant plusieurs types cellulaires.

Expression recombinante du facteur Pax6 par des cellules gliales : 10 ng de plasmide contenant en tandem les gènes codant pour le facteur Pax6 et pour la GFP (pcDNA3.1/CT-GFP-TOPO, commercialisé par la société InVitrogen) précipité au phosphate de calcium (voir précipitation de l'ADN au phosphate de calcium dans l'application 1a) est mis en contact avec une goutte de 10 µl contenant environ 5000 cellules gliales (cellules gliales radiales de cortex, post natal, 2 divisions). Après 1 jour de culture, la goutte G1 de cellules gliales est fusionnée à une autre goutte G2 de 10 µl contenant 5000 cellules corticales (culture primaire corticale isolée de cortex cérébral post natal). Les cellules gliales recombinantes de G1 exprimant le facteur Pax6 sont par exemple capable d'induire la neurogenèse des cellules astrocytaires contenues dans G2.

Cette application est importante pour le criblage de nouveaux médicaments à potentiel neurotrophique, par exemple dans la recherche de composés capables de régénérer des neurones dopaminergiques dans des cerveaux altérés par la maladie de Parkinson.

On peut par exemple se reporter à la publication suivante :

ref. 4 : Heins et al., *Glial cells generate neurons: the role of the transcription factor Pax6*, *Nature Neuroscience* (2002) 5, 308 - 315

### **III- Transfection avec des virus ou des prions en milieu confiné**

Le système selon l'invention peut être facilement confiné : la formation des gouttes peut être réalisée mécaniquement sans intervention d'un utilisateur, et ces dernières peuvent être conservées à l'abri des contaminants par maintien sous une couche d'huile pendant plusieurs jours. La transfection de virus peut être obtenue de deux façons :

- par fusion d'une goutte de cellules eucaryotes et d'une goutte de virus

- par contamination de cellules par des échantillons cellulaires 'à risque'

5 Dans les gouttes il est possible de produire le virus ou l'agent pathogène (amplification et encapsulation) ou de le détecter (concentration biologique et réaction antigène-anticorps).

#### **IV- Mise en évidence d'une séquence génomique promotrice**

##### **Les séquences promotrices, une partie du génome peu connue :**

10 La technologie des gènes reporteurs et plus précisément des constructions " région promotrice-activité reportrice " a été largement utilisée pour la caractérisation des régions régulatrices en amont des gènes. Les microtechnologies permettent aujourd'hui d'accroître considérablement le nombre de promoteurs étudiés. La régulation transcriptionnelle de ces régions peut être observée en temps réel grâce  
15 à l'utilisation d'un gène reporteur codant pour la GFP (Green Fluorescent Protein). La fluorescence de cette protéine peut être observée sans avoir à lyser les cellules. Les variations de fluorescence vont nous permettre d'étudier les cinétiques de la régulation transcriptionnelle d'un grand nombre de promoteurs en parallèle et en temps réel.

##### **Expériences réalisées avec le dispositif selon l'invention :**

20 L'activité reportrice de gènes connus et induits par les radiations ionisantes (par exemple, les gènes p53, c-myc ) a été utilisée pour valider la puce et le modèle expérimental. Les séquences d'intérêt en amont des gènes P53 et c-myc ont été amplifiées puis clonées en amont du gène de la GFP dans le vecteur phrGFP  
25 (Genentech). La transfection a été réalisée comme lors de l'application 1a : la fusion des gouttes est obtenue sous huile, 10 ng de plasmide (phrGFP contenant les séquences d'ADN promotrices) précipité avec le phosphate de calcium est mis en contact avec une goutte de 10 µl contenant environ 5000 cellules de kératinocytes humains. Par sa localisation dans la peau, le kératinocyte représente un des types  
30 cellulaires les plus exposés aux irradiations *in vivo*. Après 1 jour de transfection, les gouttes des kératinocytes sont fluorescentes par expression de la protéine GFP dans

les cellules. La mesure de l'activité reportrice GFP est faite par lecture globale de fluorescence par microscopie couplée à une caméra CCD (Charge Coupled Device).

#### V- Criblage de nouveaux médicaments en gouttes :

Remarque générale : dans l'industrie pharmaceutique, le criblage a  
 5 été réalisé pendant les dix dernières années sur des cibles protéiques recombinantes. Dans plusieurs exemples (tels que les récepteurs au glutamate) on s'est aperçu que le récepteur recombinant présent dans la membrane plasmique isolée n'était pas tout à fait dans sa conformation biologique, les récepteurs ont en particulier besoin d'être co-exprimés avec des protéines chaperones qui sont présentes dans les synapses. On peut  
 10 par exemple se reporter à la publication suivante :

*Ref 5 : Ohnuma et al .Gene expression of PSD95 in prefrontal cortex and hippocampus in schizophrenia.Neuroreport. (2000) 11(14):3133-7.*

Pour obtenir un résultat plus précis et plus proche du comportement  
*in vivo*, le criblage d'un ensemble de composés chimiques est désormais envisagé sur  
 15 cellules vivantes. Dans ce cas le criblage se fait à l'aide d'un test dynamique au cours duquel les cellules sont maintenues en vie. Exemple de référence:

*ref.6: Fluorescent indicators for imaging protein phosphorylation in single living cells, Sato et al, Nature Biotech (2002) 20, 287-294).*

#### 20 Modèle d'étude : réalisation des gouttes de cellules

Cette expérience est illustrée par la figure 6. Les cellules vivantes sont déposées en gouttes homogènes sur un support solide. La réalisation de ce dispositif cellulaire peut être facilité par l'utilisation d'une surface composite (hydrophile et hydrophobe), lame de verre commercialisée par la société ProLabo,  
 25 recouverte d'un film de téflon ® et contenant des puits circulaires hydrophiles de 3 mm de diamètre. Un grand nombre de gouttes homogènes peut être réalisé par simple trempage du support dans une suspension cellulaire. Les gouttes sont ensuite recouvertes d'une couche d'huile minérale pour éviter leur dessèchement et favoriser la survie cellulaire jusqu'au test de criblage. Les gouttes cellulaires peuvent être  
 30 conservées sur ce type de support pendant plusieurs jours dans un incubateur destiné à la culture cellulaire. Pour cribler n-molécules différentes, n-gouttes de composés à

tester sont déposées individuellement sur les gouttes cellulaires préalablement formées.

On peut également prévoir que des composés chimiques soient greffés sur la surface du support (comme pour les oligonucléotides, dans l'application  
5 1b) puis décrochés ensemble (par exemple par illumination UV). L'insertion d'un site photoclivable dans les molécules peut être obtenue par chimie combinatoire.

Un test simple de criblage dynamique (exemple : FRET = fluorescence resonance by electron transfer ou résonance de fluorescence par transfert d'électrons) peut être utilisé pour mettre en évidence les propriétés de  
10 certains de ces composés.

#### **5.1.Exemple de criblage : mesure de l'activité du récepteur adrénergique :**

On peut se reporter à la publication suivante : *ref. 7 : Ghanouni et al, Agonist induces conformational changes in the G protein coupling domain of the beta2 adrenergic receptor, PNAS (2001) 98, 11, 5997-6002.*  
15

Il est possible d'attacher une fluorescéine à l'une des cystéines (cys265) du récepteur beta2 adrenergic pour rendre cette protéine fluorescente lorsqu'elle est insérée dans la membrane cellulaire. Pour tester les propriétés  
20 adrénergiques d'un nouveau médicament potentiel, nous mettons en contact sous huile une goutte de 100 nl contenant la molécule en solution et une goutte de 1 µl contenant 500 cellules recombinantes dans leur milieu de culture exprimant le récepteur adrénergique recombinant et muté. L'induction de changement de conformation du récepteur par un agoniste est observée au microscope par une baisse de l'intensité de  
25 fluorescence de la fluorescéine contenue dans le récepteur adrénergique.

#### **5.2. Exemple de criblage : immunocytochimie sur cellules recombinantes :**

Après transfection, les cellules recombinantes peuvent être fixées sur  
30 le support à l'aide de PFA (voir application n°1). Dans le cas de l'expression recombinante de la sous unité bêta 2 de la caséine kinase avec le dispositif selon

l'invention, nous avons utilisé un anticorps pour révéler l'expression de la protéine recombinante dans les cellules 3T3. (anticorps commercialisé par la société Upstate Biotechnology : Rabbit polyclonal anti-CK2 beta antibody). On peut se reporter à la publication ref.8 : Alexandre E. Escargueilet al., *Mitotic Phosphorylation of DNA Topoisomerase II by Protein Kinase CK2 Creates the MPM-2 Phosphoepitope on Ser-1469*, *J. Biol. Chem.* (2000), 275, Issue 44, 34710-347183.

#### **VI- Variante de la puce à molécules :**

La figure 7 illustre cette variante : des gouttes de cellules dans un milieu de culture sont déposées sous forme de matrice sur un support en téflon. Un capot en PDMS sur lequel sont greffées des molécules organiques d'une banque de criblage et comportant des alvéoles d'un volume sensiblement égal à celui des gouttes est posé sur le support. L'espacement des gouttes a été prévu pour une exacte correspondance entre le support et le capot. Les molécules sont décrochées du capot par tout traitement approprié de façon à transfecter des cellules.

### REVENDEICATIONS

1°) Procédé de mise en réaction d'un réactif R avec au moins une cellule C, ledit procédé étant caractérisé en ce que :

- la cellule C est déposée sur un support S comportant une surface sensiblement plane, sous forme d'une goutte aqueuse sur ladite surface,
- la surface sensiblement plane du support S sur laquelle a été déposée la goutte aqueuse contenant la cellule C est recouverte par un film de séparation F, permettant le passage des gaz et empêchant l'évaporation des gouttes aqueuses déposées sur le support S, F étant non miscible avec l'eau et avec le réactif R.

- la réaction entre le réactif R et la cellule C est déclenchée par l'introduction du réactif R dans la goutte aqueuse contenant la cellule C.

2°) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'accrochage des gouttes sur le support S se fait par capillarité.

3°) Procédé selon la revendication 1 ou de la revendication 2, caractérisé en ce que le support S est constitué par une plaque d'un matériau choisi parmi le silicium, le verre ou un polymère.

4°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le support S présente sur sa surface plane au moins un moyen destiné à la réception des gouttes aqueuses.

5°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'une goutte aqueuse contenant la cellule C est déposée sur le support S, une seconde goutte aqueuse contenant le réactif R est injecté, à l'aide de tout ou moyen d'injection approprié, directement dans la goutte contenant la cellule C.

6°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'une première goutte aqueuse est déposée sur le support S puis une seconde goutte aqueuse est déposée sur le même support à proximité de la première, l'une de ces gouttes contient la cellule C, l'autre le réactif R, la réaction du réactif R avec la cellule C est déclenchée par la fusion des deux gouttes.

7°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le réactif R est fixé au support S ou au film F, la cellule C est

déposée sous forme d'une goutte aqueuse sur le support S et le réactif R est alors décroché du support S ou du film F afin de permettre sa réaction avec la cellule.

8°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le film de séparation F est un liquide choisi parmi les huiles et les solvants organiques.

9°) Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le film de séparation F est choisi parmi les huiles minérales et les huiles de silicone.

10°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le film de séparation F est de l'air saturé en humidité.

11°) Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le film de séparation F est un film souple, solide.

12°) Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que le film de séparation F est en polydiméthylsiloxane ou en nitrocellulose.

13°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le film de séparation F est un capot rigide alvéolé en matériau poreux.

14°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 caractérisé en ce que le dépôt des gouttes aqueuses contenant une cellule ou un réactif sur le support S se fait au moyen de fins capillaires.

15°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 caractérisé en ce que le dépôt des gouttes aqueuses contenant une cellule ou un réactif sur le support S se fait au moyen d'une buse.

16°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de déplacement du support S après le dépôt sur le support S de la première série de gouttes.

17°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que les cultures de cellules sous forme de gouttes aqueuses sont conservées au moins 24 heures.

18°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que plusieurs gouttes aqueuses comprenant chacune au moins une cellule sont déposées sur le support S, sous le film de séparation F, lesdites gouttes étant isolées les unes des autres.

19°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, caractérisé en ce qu'une goutte contient de 1 à 100 cellules

20°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 18 et 19, caractérisé en ce que l'on place des cellules différentes dans les différentes gouttes.

5 21°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 18 et 19, caractérisé en ce que l'on place des cellules identiques dans les différentes gouttes.

22°) Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que le support est une plaque hydrophobe comportant des zones hydrophiles et que l'étape d'injection des gouttes aqueuses contenant des cellules est remplacé par l'immersion  
10 de la plaque dans une solution aqueuse contenant les cellules.

23°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 22, caractérisé en ce que les molécules de réactif sont préparées directement après dépôt sur le support, par un procédé choisi parmi la synthèse *in situ*, la transcription *in vitro* dans la goutte, la réaction de polymérisation en chaîne peptidique et nucléique.

15 24°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, caractérisé en ce que le réactif est une molécule d'ADN.

25°) Procédé selon la revendications 24, caractérisé en ce que l'ADN est sous forme précipitée, notamment sous forme de phosphate de calcium.

26°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, caractérisé en ce que le réactif est facteur de transcription.  
20

27°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 26, caractérisé en ce que l'on dépose successivement plusieurs réactifs destinés à réagir avec une même cellule.

28°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 27, caractérisé en ce que l'on dépose plusieurs gouttes aqueuses renfermant des cellules et on fait fusionner ces gouttes.  
25

29°) Procédé selon la revendication 28, caractérisé en ce que l'on dépose des cellules gliales et des neurones pour les faire communiquer au sein d'une même goutte.

30 30°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 29, caractérisé en ce que l'on fait réagir des réactifs dans un premier type de cellules de façon à déclencher une réaction cellulaire, telle que la production d'une protéine



recombinante puis on fait réagir cette première cellule avec une cellule d'un autre type par fusion avec une autre goutte.

31°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 30 dans lequel le support comporte des moyens de séparation, caractérisé en ce que l'on  
5 dépose une goutte aqueuse comprenant au moins une cellule d'un premier type d'un côté du moyen de séparation et une goutte aqueuse comprenant au moins une cellule d'un second type de l'autre côté du moyen de séparation puis que l'on opère la fusion des gouttes cellulaires.

32°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 31,  
10 caractérisé en ce que le réactif est choisi parmi les molécules marquées, notamment les marqueurs fluorescents et radioactifs.

33°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 32, caractérisé en ce que la cellule est choisie parmi : des cellules primaires, des hybridomes, des lignées de cellules, des cellules souches, un morceau de tissu  
15 cellulaire, et leurs mélanges.

34°) Dispositif permettant la mise en réaction d'un réactif R avec une cellule C, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte :

- un support S comportant une surface sensiblement plane recouverte d'un film de séparation F permettant le passage des gaz et empêchant l'évaporation  
20 des gouttes aqueuses déposées sur le support, F étant non miscible avec l'eau et avec le réactif R,

- des moyens permettant le dépôt sur ladite surface et sous le film F, de gouttes aqueuses contenant la cellule C,

- une enceinte à atmosphère contrôlée dans laquelle est placé le  
25 support S de façon à permettre la survie de la cellule C.

35°) Dispositif selon la revendication 34, caractérisé en ce que le support S est constitué par une plaque d'un matériau choisi parmi le silicium, le verre ou un polymère.

36°) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 et 35,  
30 caractérisé en ce que le support S présente sur sa surface plane au moins un moyen destiné à la réception des gouttes aqueuses.

37°) Dispositif selon la revendication 36, caractérisé en ce que le moyen destiné à la réception des gouttes aqueuses consiste en des zones de la surface plane du support S d'une taille allant de  $5 \mu\text{m}^2$  à  $5 \text{mm}^2$ .

38°) Dispositif selon la revendication 36 ou la revendication 37, caractérisé en ce que le support S présente au moins l'une des caractéristiques a) à d) ci-dessous :

a) le support S présente sur sa surface plane un caractère hydrophobe et comporte une ou plusieurs zones hydrophiles constituant le moyen de réception ;

b) le support S comporte sur sa surface plane des cavités, d'une profondeur allant de 1 micron à 1 millimètre constituant le moyen de réception ;

c) le support S est une plaque munie d'excroissances d'épaisseur allant de 1 micron à 1 millimètre, disposées sur sa surface et destinées à favoriser l'accrochage des gouttes ;

d) le support S est une plaque munie d'au moins un fil, sur lequel viennent s'accrocher les gouttes.

39°) Dispositif selon la revendication 38 dans lequel le support S présente sur sa surface plane un caractère hydrophobe et comporte une ou plusieurs zones hydrophiles, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un second moyen de réception des gouttes superposé au premier.

40°) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 39, caractérisé en ce que les moyens permettant le dépôt des gouttes aqueuses sur le support S consistent en de fins capillaires.

41°) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 40, caractérisé en ce que les moyens permettant le dépôt des gouttes aqueuses sur le support S consistent en un système piézoélectrique muni d'une buse.

42°) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 41, caractérisé en ce que le support S du dispositif est mobile.

43°) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 42, caractérisé en ce que le support S est constitué d'un film solide fixé à des rouleaux à ses deux extrémités, les rouleaux étant munis de moyens de bobinage de façon à permettre le déplacement du film et donc le déplacement des gouttes qui ont été déposées dessus.

44°) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 43, caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins un moyen choisi parmi :

- des moyens permettant d'apporter de l'énergie à une ou plusieurs gouttes déposées sur le support ;
- 5       - des moyens de traitement optique d'une ou plusieurs gouttes déposées sur le support ;
- des moyens d'application d'un champ magnétique ou d'un champ électrique à une ou plusieurs gouttes déposées sur le support ;
- des moyens de détection focalisés sur une ou plusieurs gouttes
- 10   déposées sur le support ;
- des moyens destinés à favoriser la transfection.

45°) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 44, caractérisé en ce que les moyens utilisés dans le dispositif sont reliés à un dispositif de contrôle permettant son automatisation.

15       46°) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 45, caractérisé en ce que le support comprend des moyens de réception disposés de façon régulière sous forme de matrices.

      47°) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 33 à 45, caractérisé en ce que le support est muni de moyens de séparation permettant de

20   séparer deux types de cellules distincts mais autorisant le passage de petites molécules entre ces cellules.

      48°) Dispositif selon la revendication 47, caractérisé en ce que les moyens de séparation sont disposés au niveau des moyens de réception, sur le support.

      49°) Dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 48,

25   caractérisé en ce que les gouttes aqueuses contenant une ou plusieurs cellules comportent un milieu de culture.

      50°) Utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 49 pour réaliser simultanément et de façon automatisée un grand nombre de réactions d'un réactif sur une cellule en faisant varier la nature du réactif et

30   de la cellule.

      51°) Utilisation selon la revendication 50, pour réaliser le criblage d'un ensemble de composés chimiques sur des cellules vivantes.

52°) Utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 49 pour étudier des systèmes cellulaires choisis parmi : les réseaux de neurones, l'épiderme.

5 53°) Utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 49 pour étudier l'action sur une cellule d'un réactif choisi parmi : les molécules d'acides nucléiques, les protéines, les peptides, les molécules d'acide nucléique peptidique.

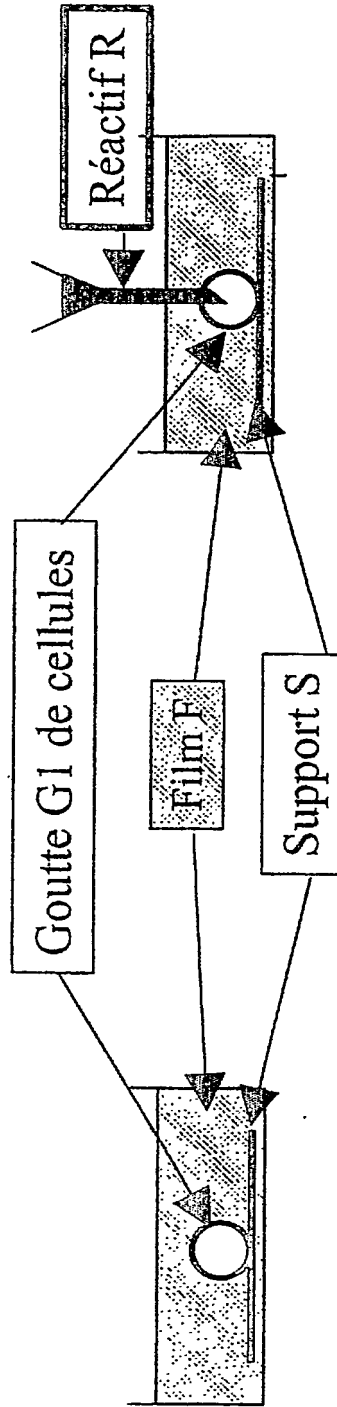
54°) Utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 49 pour l'expression de protéines recombinantes.

10 55°) Utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 49 pour réaliser le criblage de molécules nucléiques destinées à modifier l'expression de gènes dans les cellules.

56°) Utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 49 pour rechercher des séquences génomiques promotrices.

15 57°) Utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 34 à 49 pour étudier les interactions entre des cellules de différents types.

Figure 1: transfection par injection de gouttes : R dans G1



A. Goutte G1 sur support S

B. Injection de réactif R dans G1

Figure 2: transfection par fusion de gouttes: G1 + R

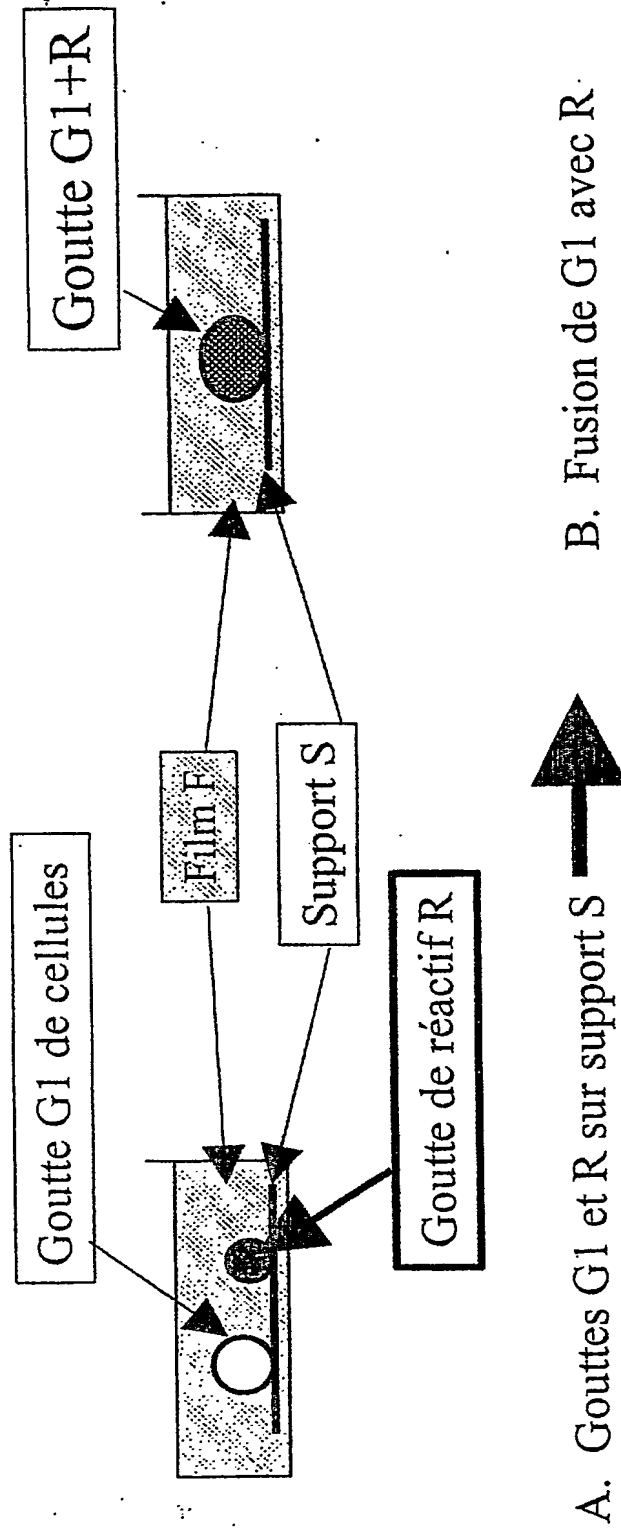


Figure 3: transfection en goutte G1 par décrochage de réactif R

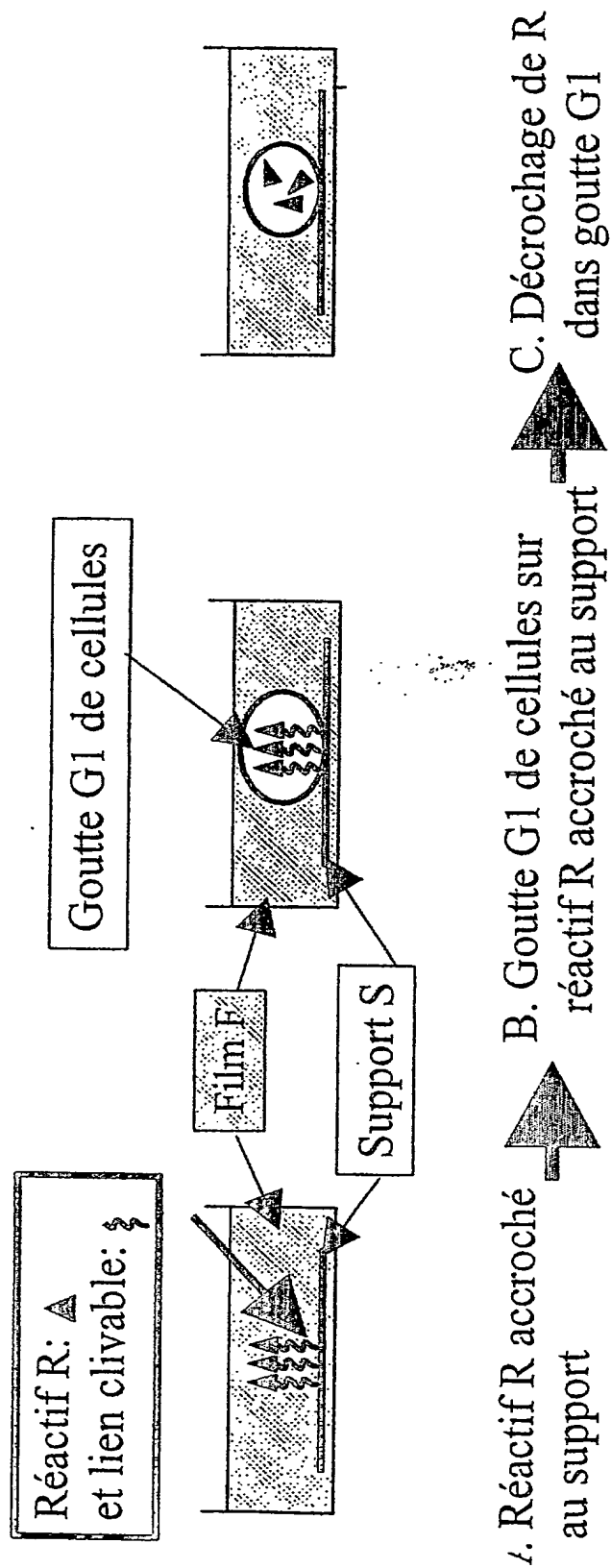
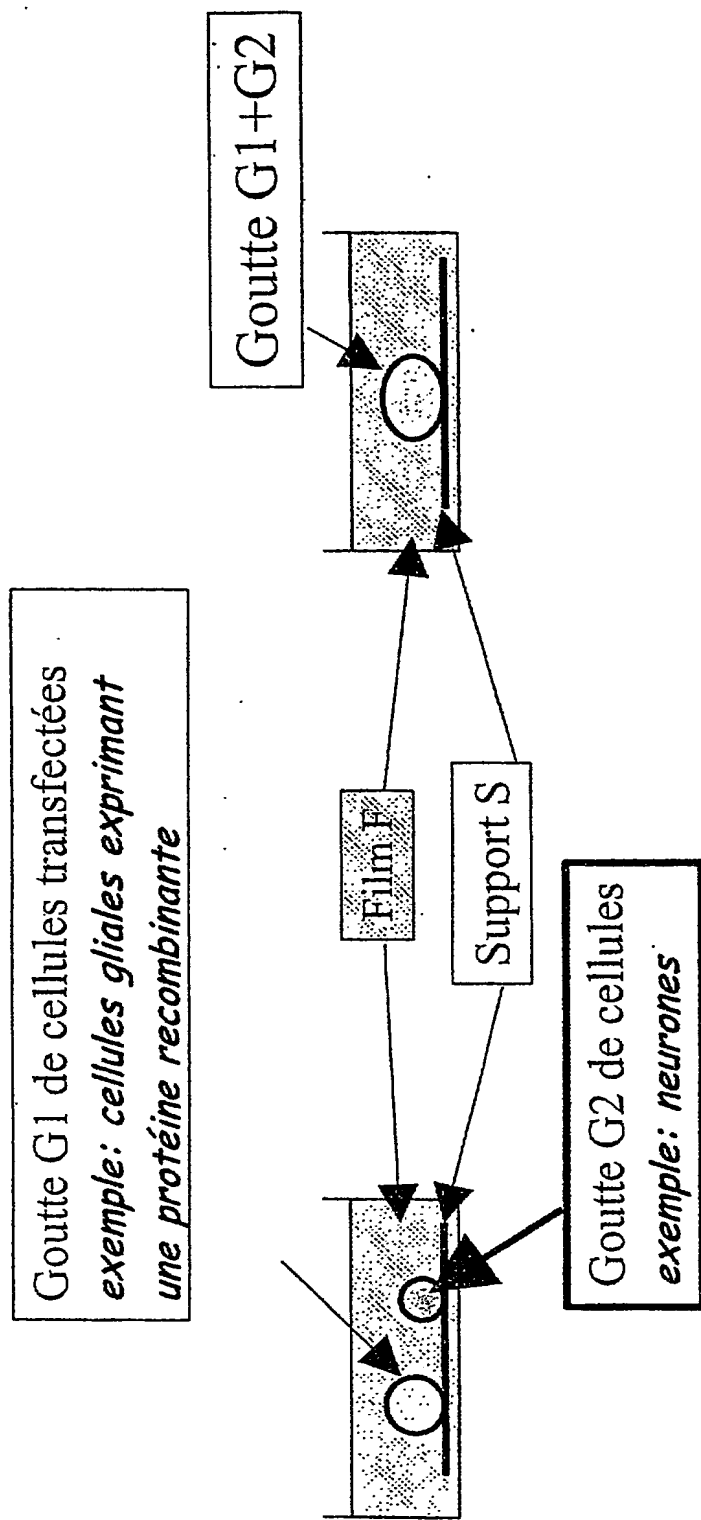


Figure 4: fusion de gouttes cellulaires G1+G2 après transfection  
*Exemple de l'expression d'une protéine recombinante dans une suspension de cellules gliales et de l'activation d'une suspension de neurones*



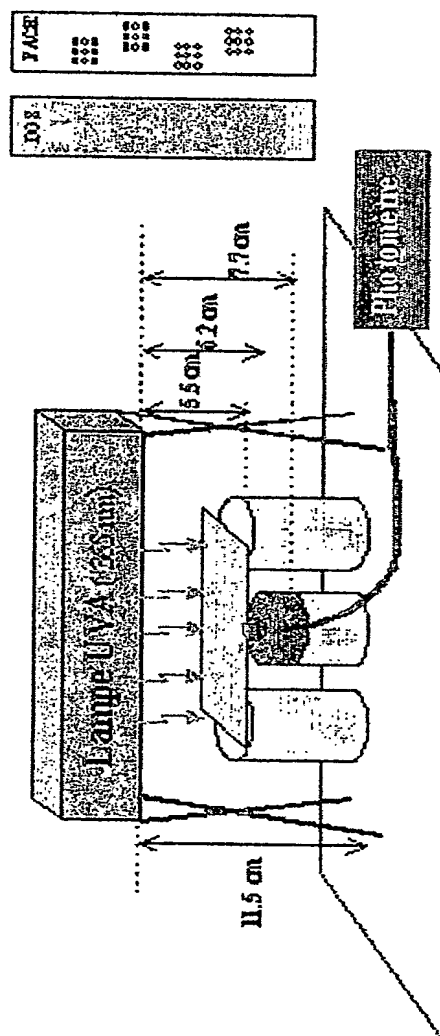
A. Goutte G1 de cellules transfectées  
 et goutte G2 de cellules sur support S



B. Fusion de G1 avec G2



Figure 5: dispositif de photoclivage



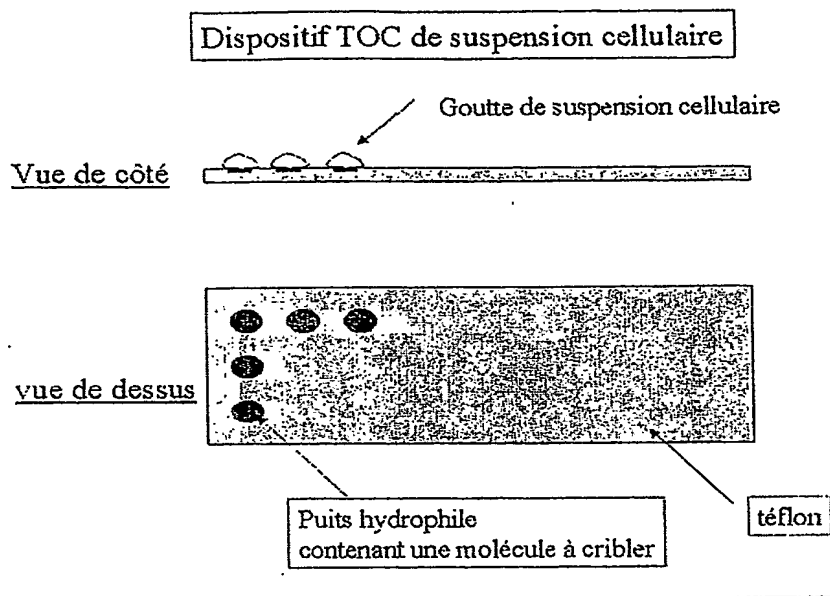


Figure 6

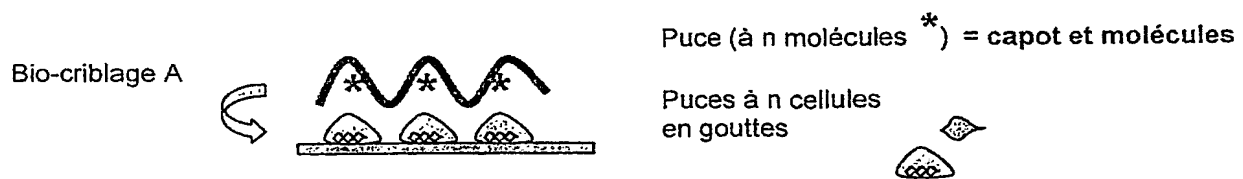
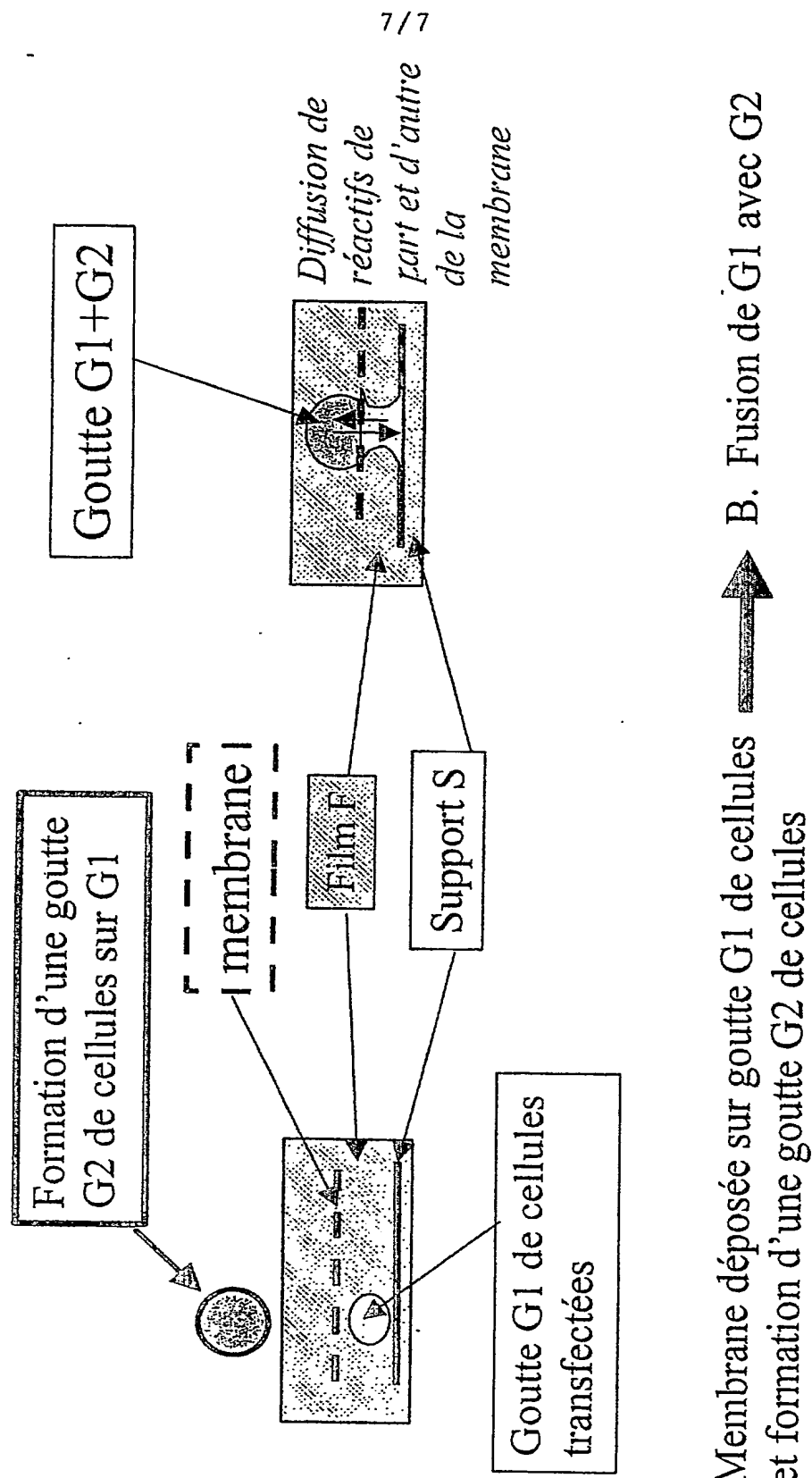


Figure 7

Figure 8: membrane entre deux gouttes cellulaires G1 et G2



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1../2..

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 9 W / 270601

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		VCstsF263/84FR
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0209326 0209326
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LE CRIBLAGE DE MOLECULES DANS DES CELLULES		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>		
<b>1</b>	<b>Nom</b>	SCHAACK
	<b>Prénoms</b>	Béatrice
	<b>Adresse</b>	Rue · 17 rue Mozart
		Code postal et ville [3 8 0 0 0] GRENOBLE
	<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>	
<b>2</b>	<b>Nom</b>	CHATELAIN
	<b>Prénoms</b>	François
	<b>Adresse</b>	Rue 413 rue H. Berlioz
		Code postal et ville [3 8 1 7 0] LE CHEVALON DE VOREPPE
	<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>	
<b>3</b>	<b>Nom</b>	FOUQUE
	<b>Prénoms</b>	Brigitte
	<b>Adresse</b>	Rue 3 avenue A. Berges
		Code postal et ville [3 8 1 7 0] SEYSSINET
	<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>	
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <del>DU (DES) DEMANDEUR(S)</del> Paris, le 25 juillet 2002 <del>OU DU MANDATAIRE</del> (Nom et qualité du signataire)  ORES Béatrice (92-4046)		

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 2../2..

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 0 W / 270601

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		VCstsF263/84FR
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0209326 0209326
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)		
PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR LE CRIBLAGE DE MOLECULES DANS DES CELLULES		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>		
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>		
<b>1</b>	<b>Nom</b>	FUCHS
	<b>Prénoms</b>	Alexandra
	<b>Adresse</b>	<b>Rue</b> 2 rue Saint Robert
		<b>Code postal et ville</b> [3 8 1 2 0] SAINT EGREVE
	<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>	
<b>2</b>	<b>Nom</b>	FOUILLET
	<b>Prénoms</b>	Yves
	<b>Adresse</b>	<b>Rue</b> 17 Chemin des carrières
		<b>Code postal et ville</b> [3 8 3 4 0] VOREPPE
	<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>	
<b>3</b>	<b>Nom</b>	
	<b>Prénoms</b>	
	<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>
		<b>Code postal et ville</b>
	<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>	
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b>		
<del>DU (DES) DEMANDEUR(S)</del> Paris, le 25 juillet 2002		
<del>OU DU MANDATAIRE</del>		
(Nom et qualité du signataire)		
ORES Béatrice (92-4046)		

PCT Application

**FR0302298**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**